

PENGARUH ION LOGAM Cu(II) TERHADAP PERSEN EKSTRAKSI ION Pb(II) MENGGUNAKAN TEKNIK EMULSI MEMBRAN CAIR

Effect of Cu(II) Ion Towards Percent Extraction of Pb(II) Using Emulsion Liquid Membrane Technique

***Dwi Ardi Irawati, Baharuddin Hamzah dan Nurdin Rahman**

Pendidikan Kimia/FKIP - Universitas Tadulako, Palu - Indonesia 94118

Recieved 07 September 2016, Revised 07 Oktober 2016, Accepted 08 November 2016

Abstract

This study aimed to determine effect of Cu(II) ion toward percent extraction of Pb(II) ion using emulsion liquid membrane technique. Variation concentrations of Cu(II) added were 0, 50, 100, 150, 200 and 250 ppm with the initial concentration of Pb(II) was 245 ppm. This extraction used benzoyl acetone as a chelating agent. The extraction results were measured by Spectrodirect. The results showed that percent extraction of Pb(II) ion prior addition of Cu(II) ion was 99.09%, but after addition of Cu(II) to a concentration up to 250 ppm, the percent extraction of Pb(II) ions turned to decrease by 97.92%.

Keywords: extraction, emulsion liquid membrane, concentration of Cu(II), percent extraction of Pb(II) ion

Pendahuluan

Semakin berkembangnya penggunaan bahan industri yang menghasilkan limbah cair yang mengandung residu organik dan anorganik akan mengakibatkan potensi atau dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan manusia, maka menjadi solusi yang wajib untuk mengurangi atau menghapuskan polutan. Logam Pb dan Cu yang dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan dapat berdampak bagi aktivitas manusia. Konsumsi Cu dan Pb dalam jumlah yang besar dapat menyebabkan Cu dan Pb bersifat toksik dan menimbulkan gejala-gejala yang akut (Deswati, dkk., 2011). Sehingga untuk mengurangi dampak tersebut, beberapa teknik yang telah berkembang digunakan oleh sebagian orang yang telah didukung oleh teknologi.

Ekstraksi pelarut adalah teknik yang umum digunakan, tetapi membutuhkan sejumlah besar pelarut organik dan ekstrak logam dan menjadi tidak efisien ketika konsentrasi ion logam dalam aliran limbah rendah (Mohamed & Ibrahim, 2012). Ekstraksi membran cair merupakan suatu metode yang dapat digunakan

dalam proses pemisahan, pemurnian, ekstraksi, atau proses pungut ulang (recovery) material yang diinginkan. Metode ini merupakan pengembangan dari metode ekstraksi untuk pemisahan dan pemurnian logam dengan menggabungkan ekstraksi dan reekstraksi (stripping) dalam satu tahap (Prayitno & Budiyono, 2001).

Emulsi membran cair dalam berbagai formulasi menjadikan teknik ini sebuah proses yang sangat berguna untuk aplikasi yang berbeda (Alaguraj dkk., 2009). Ada dua jenis tipe emulsi yaitu emulsi air dalam minyak (w/o) dan emulsi minyak dalam air (o/w) (Fitriya, 2005). Untuk menjaga kestabilan emulsi selama proses pemisahan, maka ke dalam membran ditambahkan zat aktif permukaan (surfaktan) yang umumnya berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan antara tetesan fasa terdispersi dan fasa umpan (Rusdianasari & Buchari, 2001). Parameter yang terkandung dalam surfaktan yaitu hydrophile lypophile balance (HLB). Penentuan jenis minyak atau senyawa organik berdasarkan nilai HLB dibutuhkan memungkinkan kita memilih surfaktan atau campuran surfaktan yang memberikan nilai HLB yang sesuai. Jadi, penggunaan surfaktan dengan nilai HLB yang sesuai dengan nilai

* Korespondensi:

Dwi Ardi

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan

dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako

email: dwiardi_irawati@yahoo.com

© 2016 - Universitas Tadulako

HLB butuh minyak yang digunakan akan menghasilkan emulsi yang stabil (Hamzah, dkk., 2013).

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya yaitu oleh Alam (2014) tentang penentuan kondisi optimum ekstraksi ion Pb(II) menggunakan teknik emulsi membran cair yang memberikan hasil perbandingan antara volume emulsi dan volume fasa eksternal yang menghasilkan persen ekstraksi maksimum adalah 1:6 dan konsentrasi larutan ion Pb(II) yang menghasilkan persen ekstraksi maksimum yaitu pada konsentrasi 220 ppm. Selanjutnya Astuti (2014) melakukan penelitian tentang "variasi perbandingan fasa membran dan fasa internal serta konsentrasi HNO₃ dalam fasa internal terhadap ekstraksi ion Pb(II) menggunakan teknik emulsi membran cair. Diperoleh hasil yaitu persen ekstraksi terbesar pada ekstraksi Pb(II) diperoleh pada perbandingan 2:3 dengan persen ekstraksi sebesar 80,67% dan menggunakan HNO₃ dengan konsentrasi 3 M diperoleh persen ekstraksi Pb(II) sebesar 84,45%. Perbandingan antara volume fasa membran dan fasa internal adalah 2:3 diperoleh persen ekstraksi Pb(II) sebesar 80,67%. Kemudian Masgul (2014) melakukan penelitian tentang "variasi konsentrasi Span-80 dan pH fasa eksternal pada ekstraksi ion Pb(II) dengan metode emulsi membran cair". Diperoleh hasil yaitu penggunaan Span-80 dengan konsentrasi 3% merupakan kondisi optimum Pb(II) yang menghasilkan persen ekstraksi sebesar 68,06% dan menggunakan pH pada fasa eksternal yang menghasilkan persen ekstraksi ekstraksi maksimum Pb(II) yaitu pada pH 2 dengan persen ekstraksi sebesar 74,36%. Telah dilakukan penelitian sebelumnya, tentang pengaruh ion logam menggunakan teknik emulsi membran cair. Namun, saat ini belum ada penelitian tentang pengaruh penambahan logam Cu(II) terhadap persen ekstraksi ion Pb(II) menggunakan teknik yang sama yaitu emulsi membran cair.

Keberadaan logam Pb pada lingkungan yang berasal dari pembuangan air limbah industri kimia seringkali ditemukan bahan pencemar logam berat lainnya antara lain merkuri (Hg), arsenik (As), kadmium (Cd), kromium (Cr), nikel (Ni), kuprum (Cu) dan Pb (Pb) (Herlina & Wulandari, 2012). Hal ini juga diketahui bahwa logam berat memiliki afinitas untuk bagian yang berbeda dari tanah (Gzar dkk., 2014). Yang kemungkinan logam-logam tersebut dapat mempengaruhi proses ek-

straksi dari Pb(II). Tulisan ini bertujuan

untuk mengetahui tentang pengaruh ion logam Cu(II) terhadap persen ekstraksi ion Pb(II) menggunakan teknik emulsi membran cair

Metode

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu spektrofotometer spektrodirekt (Lovibond), pH meter, gelas kimia, gelas ukur, labu ukur 1000 mL, neraca analitik, spatula, batang pengaduk, *magnetic stirrer*, pipet tetes, pipet volume, karet penghisap, statif dan klem, corong pisah, botol semprot, Cimarec Stiring dan Hot Plates.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu benzoil aseton (Merck Schuchardt OHG), SPAN-80 (Merck Schuchardt OHG), paraffin cair (Merck kGaA), HNO₃ 3 M dan 0,01 M (Smart-lab indonesia), Pb(NO₃)₂ (Aldrich), aquades, dan larutan Cu(II) (Ajax chemicals).

Prosedur Penelitian

Pembuatan Larutan Pb(II) dengan konsentrasi 500 ppm dalam 1000 mL

Menimbang Pb(II) nitrat sebanyak 0,799 gram melarutkan dalam gelas kimia. Kemudian memasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan menambahkan aquades hingga mencapai tanda batas dan menambahkan larutan HNO₃ 0,01 M sebanyak 2 tetes.

Proses Ekstraksi dengan Teknik Emulsi Membran Cair

Emulsi dibuat dengan cara mencampurkan fasa membran (benzoil aseton 0,02M, parafin cair dan span-80 3%) dengan fasa internal yang mengandung larutan HNO₃ 3 M (Astuti, 2014) (diaduk dengan skala 10 selama 10 menit). Perbandingan volume fasa membran sebanyak 12 mL dan fasa internal sebanyak 18 mL dengan perbandingan yaitu 2:3 (Astuti, 2014). Pencampuran kedua larutan tersebut menghasilkan sebanyak 30 mL emulsi yang terbentuk yang kemudian dicampurkan dengan campuran larutan ion Pb(II) dengan konsentrasi 500 ppm (Alam, 2014) sebanyak 90 mL dengan pH 2,0 (Masgul, 2014) dan 90 mL larutan Cu(II) dengan variasi konsentrasi yaitu 0, 100, 200, 300, 400, dan 500 ppm. Proses ekstraksi ini dilakukan dengan kecepatan pengadukkan pada skala 5 selama 15 menit. Setelah proses ekstraksi, hasil ekstraksi dipindahkan kedalam corong pisah untuk dipisahkan antara fasa eksternal dengan emulsi.

Besar persen ekstraksi ion Pb(II) yang dapat terekstrak ke dalam fasa membran

(parafin cair), dapat dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat Spectrofotometer Spectrodirect untuk mengetahui banyaknya ion timbal(II) yang masih tersisa dalam fasa eksternal. Maka, pada penelitian ini digunakan persamaan dari Chang, dkk., (2009) yang dimodifikasi untuk menghitung persen ekstraksi Pb(II) sebagai berikut :

$$\%E = \frac{[Pb]_{awal} - [Pb]_{akhir}}{[Pb]_{awal}} \times 100\%$$

Dimana, % E = persen ekstraksi; [Pb]_{awal} = konsentrasi awal ion timbal(II) dalam larutan (fasa eksternal); [Pb]_{akhir} = konsentrasi akhir ion timbal(II) dalam larutan (fasa eksternal) setelah ekstraksi (Chang, dkk., 2009)

Hasil dan Pembahasan

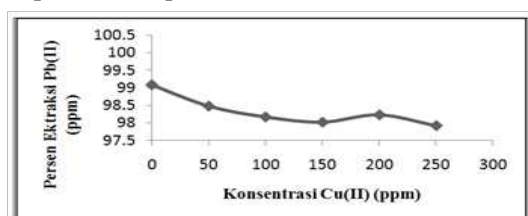
Pengaruh Penambahan Logam Cu(II) Terhadap Persen Ekstraksi Ion Pb(II)

Data hasil analisis Pengaruh Penambahan Logam Cu(II) Terhadap Persen Ekstraksi Ion Pb(II) dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Hasil Analisis pengaruh penambahan logam Cu(II) terhadap persen ekstraksi ion Pb(II)

No	Konsentrasi Cu(II) yang ditambahkan	Konsentrasi Pb(II) mula-mula (ppm)	Konsentrasi Pb(II) setelah ekstraksi (ppm)	% ekstraksi Pb(II)	Pb yang terekstrak(mg/g)
1.	0	245	2,23	99,09	524,50
2.	50	245	3,73	98,48	521,26
3.	100	245	4,49	98,17	519,62
4.	150	245	4,85	98,02	518,84
5.	200	245	4,32	98,23	519,98
6	250	245	5,10	97,92	518,30

Berdasarkan data di atas, dapat terlihat bahwa persen ekstraksi Pb(II) sebelum penambahan logam Cu(II) adalah 99,09%. Setelah penambahan logam Cu(II) sampai dengan konsentrasi 250 ppm persen ekstraksi logam Pb(II) adalah 97,92% dan dapat diketahui bahwa penambahan konsentrasi logam Cu(II) tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap persen ekstraksi ion Pb(II), dapat terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Pengaruh Penambahan Konsentrasi Logam Cu(II) Terhadap Persen Ekstraksi Pb(II)

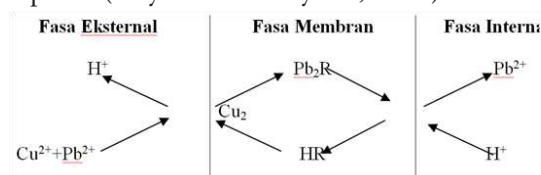
Berdasarkan pada **Gambar 1** untuk penambahan Cu(II) pada konsentrasi 200 ppm persen ekstraksi Pb(II) meningkat kembali. Hal tersebut dapat terjadi karena beberapa pengaruh salah satu diantaranya adalah pengaruh arus listrik yang digunakan pada alat *spektrodirect* yang menyebabkan hasil pengukuran absorbansi sedikit menyimpang dari hasil yang diharapkan. Karena penambahan konsentrasi logam Cu(II) yang semakin besar seharusnya akan mengurangi persen ekstraksi Pb(II).

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan keberadaan logam Cu(II) relatif kecil mempengaruhi persen ekstraksi Pb(II) dalam proses mekanisme transfer Pb(II) dari fasa eksternal ke fasa internal antara lain : peningkatan pH larutan fasa eksternal, konsentrasi surfaktan yang digunakan dan konsentrasi asam pada fasa internal.

Penelitian ini menggunakan pH larutan pada fasa eksternal yaitu pH 2,0 yang berdasarkan pada penelitian terdahulu oleh Masgul (2014) yang merupakan kondisi optimum dari ekstraksi Pb(II) menggunakan teknik emulsi membran cair. Sedangkan, untuk Cu(II) berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sukmawati (2007) menyatakan bahwa dengan menggunakan pH 3 harga persen (%) E maksimum Cu(II) adalah 98,65%. Peningkatan pH larutan menyebabkan jumlah ion OH⁻ semakin banyak sehingga akan terjadi kompetisi antara OH⁻ dengan ligan untuk berikatan dengan ion logam, akibatnya jumlah ion Cu²⁺ yang dapat membentuk kompleks semakin berkurang.

Setiap logam memiliki kondisi optimum yang berbeda-beda. Sama halnya dengan logam Cu(II) dan Pb(II). Untuk pengaruh konsentrasi surfaktan yang digunakan, surfaktan yang digunakan pada penelitian ini adalah Span-80 dengan konsentrasi 3%. Hal ini didasarkan pada penelitian sebelumnya oleh Masgul (2014) bahwa konsentrasi surfaktan span-80 yang menghasilkan persen ekstraksi terbesar yaitu pada konsentrasi 3%. Konsentrasi surfaktan yang digunakan pada penelitian ini merupakan konsentrasi surfaktan berdasarkan kondisi optimum logam Pb(II). Sedangkan untuk logam Cu(II) berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Hamzah (2010) menggunakan kerosen yang mempunyai HLB butuh sebesar 6,0. Untuk memperoleh emulsi yang lebih stabil sebaiknya digunakan surfaktan lain yang memiliki HLB 6,0 atau menggunakan kombinasi surfaktan span-80 dan span-20 dengan perbandingan yang proporsional dengan konsentrasi 2%. Sehingga

dapat diketahui bahwa dari fasa membran yang digunakan untuk logam Pb(II) berupa paraffin cair dan untuk logam Cu(II) berupa kerosen dengan penggunaan surfaktan yang berbeda. Secara skematis dapat terlihat pada Gambar 2. Penggunaan Span-80 yang kurang akan menyebabkan pembentukan lapisan tipis monomolekuler tidak tersusun rapat sehingga membran emulsi tidak stabil. Penggunaan span-80 5% menunjukkan bahwa membran emulsi cair stabil selama lebih dari delapan hari. Pada keadaan ini pembentukan film pelindung fase internal cukup rapat karena jumlah molekul emulgator telah mencukupi dan pada kondisi ini pula membran akan lebih mudah untuk dipecah (Prayitno & Budiyo, 2001).



Gambar 2. Mekanisme Transfer Massa melalui Difusi dengan Reaksi Kimia dalam Fasa Membran (Hamzah, dkk., 2011)

Berdasarkan mekanisme diatas, dapat dijelaskan bahwa logam Cu(II) dan Pb(II) yang sebelumnya berada bersama-sama pada fasa eksternal namun, ketika akan berdifusi menuju fasa membran logam Cu(II) tidak dapat ikut dalam fasa membran, hal tersebut terjadi karena membran yang digunakan merupakan membran yang tidak sesuai atau tidak cocok dengan logam Cu(II) seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Karena membran yang digunakan tidak sesuai dengan logam Cu(II) maka khelat yang akan mengikat logam Cu(II) sedikit atau hampir tidak ada Cu(II) yang bisa diikat oleh khelat, sehingga semua khelat akan mengikat lebih banyak logam Pb(II). Maka, logam Cu(II) tidak dapat sampai menuju pada fasa internal. Itulah yang dapat menyebabkan logam Cu(II) tidak mempengaruhi proses mekanisme transfer Pb(II) dari fasa eksternal menuju fasa internal.

Teori HSAB (pengelompokan asam basa berdasarkan kekerasan dan kelunakan) menurut teori yang dikemukakan oleh Pearson yang menyatakan bahwa, prinsip HSAB secara kualitatif berguna, tetapi tidak secara kuantitatif memuaskan. Pearson telah menunjukkan bahwa pencocokan keras-keras atau lembut-lembut asam dan basa merupakan stabilisasi tambahan untuk faktor-faktor lain yang berkontribusi terhadap kekuatan ikatan antara donor dan akseptor. Asam keras (kation logam keras)

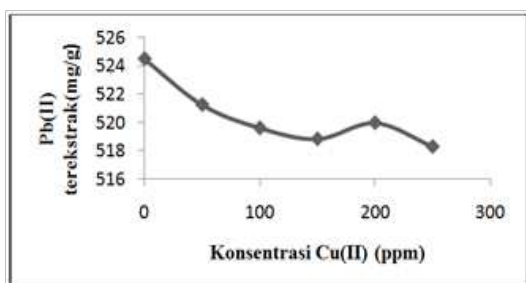
membentuk kompleks yang lebih stabil dengan basa keras (ligan keras), sedangkan asam lunak (logam lunak kation) lebih suka dengan basa lunak (ligan lembut) (Housecroft & Sharpe, 2005). Secara umum ion-ion logam keras (seperti logam alkali, alkali tanah, dan Cr^{3+}) lebih kuat kompleksnya dengan atom donor keras (seperti O) dan ion logam lunak (seperti Cd^{2+}) akan membentuk kompleks yang lebih kuat dengan atom donor lunak (seperti S) dan ion-ion logam borderline (seperti Cu^{2+}) lebih kuat kompleksnya dengan atom donor borderline (seperti N). Senyawa bergugus aktif atom nitrogen (N) dan atom belerang (S) diharapkan dapat digunakan sebagai senyawa pembawa dalam recovery logam berat, terutama Cu^{2+} dan Cd^{2+} (Djunaidi, dkk., 2010).

Berdasarkan pengelompokan asam basa menurut kekerasan dan kelunakan dapat diketahui bahwa logam Cu(II) dan Pb(II) berada pada golongan asam peralihan. Kecenderungan unsur golongan ini untuk membentuk kompleks yang lebih stabil tergantung dari bilangan oksidasinya.

Berdasarkan pada sifat kimia unsur logam Cu dan Pb dapat diketahui bahwa nilai dari sifat elektronegativitas yang dimiliki unsur tersebut sangat berbeda, unsur logam Cu memiliki nilai elektronegativitas 1,90 (skala Pauling) sedangkan logam Pb 2,33 (skala Pauling). Kompleks yang terbentuk dari logam dengan elektronegativitas yang tinggi akan menghasilkan kompleks yang lebih stabil, karena kecenderungan logam untuk menarik pasangan elektron yang didonasikan oleh ligan akan lebih kuat. Dalam hal yang sama, logam dengan kemampuan polarisasi yang lebih besar juga akan menghasilkan kompleks yang lebih stabil.

Konsentrasi asam pada fasa internal yang digunakan pada penelitian ini digunakan konsentrasi 3 M. Penggunaan HNO_3 3 M, berdasarkan pada penelitian sebelumnya oleh Astuti (2014) yang menyatakan bahwa persen ekstraksi ion logam Pb(II) terbesar ditunjukkan pada konsentrasi HNO_3 3M. Sedangkan untuk logam Cu(II) berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hamzah (2010) konsentrasi asam yang digunakan pada fasa internal hanya sebesar 1 M. sehingga jika menggunakan konsentrasi asam yang lebih tinggi akan lebih cepat memutuskan ikatan kelat pada logam Cu(II). Tetapi berdasarkan mekanisme pada Gambar 1 dapat terlihat bahwa logam Cu(II) tidak dapat berdifusi sampai pada fasa internal sehingga konsentrasi asam yang digunakan tidak berpengaruh terhadap logam Cu(II).

Penggunaan variasi konsentrasi Cu(II) bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi Cu(II) terhadap persen ekstraksi Pb(II) dan digunakan variasi konsentrasi Cu(II) yaitu 50, 100, 150, 200 dan 250 ppm. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan Spectrofotometer *Spectrodirect* terlihat dari Tabel 1, bahwa persen ekstraksi Pb tidak mengalami perubahan yang besar. Jika dilihat dari kapasitas konsentrasi Pb(II) yang terekstrak dengan penambahan konsentrasi logam Cu(II) maka dapat terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Penambahan Konsentrasi Cu(II) Terhadap Pb(II) Terekstrak (mg/g).

Berdasarkan Gambar 3 tampak bahwa grafik antara persen ekstraksi dengan grafik kapasitas Pb(II) yang terekstrak memiliki kesamaan. Penambahan konsentrasi logam Cu(II) menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi Pb(II) yang terekstrak sampai pada konsentrasi 150 ppm. Namun, pada penambahan Cu(II) pada konsentrasi 200 ppm Pb(II) yang terekstrak meningkat kembali. Hal ini terjadi karena masih terdapat ion Pb(II) dan Cu(II) yang belum membentuk senyawa kompleks dengan benzoil aseton. Sedangkan pada konsentrasi 250 ppm terjadi penurunan nilai kapasitas Pb(II) yang terekstrak. Hal ini disebabkan karena terjadinya kompetisi antar ligan untuk terikat pada permukaan membran dan membentuk kompleks dengan ion logam (Deswati, dkk., 2011)

Kesimpulan

Penambahan konsentrasi logam Cu(II) dengan variasi konsentrasi dari 50, 100, 150, 200 sampai dengan 250 ppm relatif kecil dapat menurunkan persen ekstraksi Pb(II) hingga mencapai 97,92%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis berikan kepada laboran Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako dan kepada laboran Laboratorium FKIP Jurusan Pendidikan MIPA Program Studi Pendidikan

Kimia Universitas Tadulako yang banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Alaguraj, M., Palanivelu, K. & Velan, M. (2009). Removal of Cu(II) using emulsion liquid membrane. *Journal of ChemTech Research*, 1(3), 722-726.
- Alam, S. (2014). *Penentuan kondisi optimum ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair*. (Skripsi), Universitas Tadulako Palu, Tidak Diterbitkan.
- Astuti, W. (2014). *Variasi perbandingan fasa membran dan fasa internal serta konsentrasi HNO₃ dalam fasa internal terhadap ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair*. (Skripsi), Universitas Tadulako Palu, Tidak Diterbitkan.
- Chang, S. H., Teng, T. T. & Ismail, N. (2009). Optimization of Cu(II) extraction from aqueous solution by soybean-oil-based organic solvent using response surface methodology. *Water Air Soil Pollution*, 217(3), 567-576.
- Deswati, Suryani, H. & Pardi, H. (2011). Penentuan timbal dan tembaga dalam air laut dengan simultan menggunakan kalkon sebagai pengompleks secara voltametri stripping adsorptif. *Prosiding Seminar Nasional Himpunan Kimia Indonesia*.
- Djunaidi, M. C., Khabibi & Trisna, D. (2010). Sintesis asam eugenoksi asetat (EOA) dari eugenol untuk ekstrakan logam berat dan recovery krom dari limbah electroplating. *Jurnal Sains Kimia dan Aplikasi*, 13(2), 1-8.
- Fitriya, L. (2005). *Pemisahan fenol dengan teknik membran cair emulsi (ELM) menggunakan surfaktan span-80*. (Skripsi), Universitas Diponegoro Semarang, Diterbitkan.
- Gzar, H. A., Awatif, S., Hameed, A. & Yahya, A. Y. (2014). Extraction of lead cadmium and nickel from contaminated soil using acetic acid. *Open Journal of Soil Science*, 4(1), 207-214.
- Hamzah, B. (2010). *Aplikasi 1-fenil-3-metil-4-benzoil-5-pirazolon sebagai pembawa kation pada ekstraksi ion tembaga(II) menggunakan*

- teknik emulsi membran cair*. Disertasi Doktor pada Universitas Hasanuddin Makassar, Tidak Diterbitkan.
- Hamzah, B., Jalaluddin, N., Wahab, A. W. & Upe, A. (2011). Pengaruh ion kadmium(II) dan nikel(II) pada ekstraksi ion tembaga(II) dengan ekstrak 4-benzoil -1-fenil-3-metil- 2-pirazolin-5-on menggunakan emulsi membran cair. *Jurnal Natur Indonesia.*, 13(3), 269-275.
- Hamzah, B., Pulkadang, S. H. V. & Hardani, R. (2013). Sintesis ekstrak turunan pirazolon dan uji kestabilan emulsi untuk ekstraksi ion raksa(II) menggunakan teknik emulsi membran cair. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Matematika II Jurusan Pendidikan MIPA FKIP UNTAD 2013*.
- Herlina, L. & Wulandari, M. (2012). Penentuan timbal(II) dalam sampel air dengan pengembangan metode ekstraksi fasa padat dan prakonsentrasi oleh ion imprinted polymers(IIPs). *Jurnal Teknobiologi*, 3(2), 127-133.
- Housecroft, C. E. & Sharpe, A. G. (2005). *Inorganic chemistry*. England: Pearson Education Limited.
- Masgul, S. (2014). *Pengaruh konsentrasi surfaktan (span-80) dan pH fasa eksternal terhadap persen ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair*. (Skripsi), Universitas Tadulako Palu, Tidak Diterbitkan.
- Mohamed, Y. T. & Ibrahim, A. H. (2012). Extraction of copper from waste solution using liquid emulsion membrane. *Journal of Environmental Protection*, 3(1), 129-134.
- Prayitno & Budiyono, M. E. (2001). Penurunan kadar tembaga dalam air limbah dengan proses ekstraksi membran cair. *Prosiding P3TM-BATAN Yogyakarta*.
- Rusdianasari & Buchari. (2001). Ekstraksi uranium dari limbah cair artifisial dengan teknik membran cair aliran kontinyu. *Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi*.
- Sukmawati, D. (2007). *Ekstraksi Cu^{2+} menggunakan metode transport membran cair dengan pembentukan kompleks Cu oksinat*. (Skripsi), Universitas Sebelas Maret Surakarta, Diterbitkan.